

PRESENTACIÓN DE PROYECTO

Proyecto sobre refuerzo de estructuras con composites avanzados

PRESENTATION OF PROJECT

Project on strengthening of structures using advanced composites

ALFONSO RECUERO, Dr. Ing. de Caminos, Canales y Puertos. IETCC-CSIC y
ANTONIO MIRAVETE, Dr. Ing. Industrial - ICMA-Dpto. de Ingeniería Mecánica de la Univ. de Zaragoza

ESPAÑA

RESUMEN

La restauración, refuerzo o rehabilitación de estructuras resulta ser uno de los campos de aplicación de mayor interés y más directamente relacionado con los nuevos materiales compuestos. La Industria de la Construcción no ha aceptado aún el uso estructural extenso de los nuevos materiales compuestos porque todavía no conoce bien sus ventajas respecto a los materiales tradicionales, tales como el hormigón o el acero. Los profesionales implicados en el proyecto y en la ejecución de obras suelen ser conservadores y resistirse a los cambios. Para aceptar un nuevo material requieren disponer de normativa relativa a la nueva tecnología, lo que hace necesario que alguna entidad lidere la aceptación del nuevo material o tecnología. Actualmente no existe ni a nivel nacional ni internacional la experiencia precisa para el desarrollo de tal normativa. Para ello es necesario tener la adecuada base experimental y de realizaciones con éxito.

Se presenta un proyecto orientado a proporcionar la base experimental requerida para poner a punto en un próximo futuro normas y recomendaciones para el proyecto y la tecnología para el uso de estos nuevos materiales compuestos en el refuerzo de estructuras de edificación y obra civil, atendiendo a su patología, calidad y durabilidad del refuerzo, y a la estética urbanística. En él colaboran especialistas en investigación en materiales compuestos y en análisis teórico y experimental y en patología de estructuras, fabricantes y aplicadores del material y adhesivos, proyectistas y usuarios finales, lo que permitirá considerar todos los aspectos del problema.

SUMMARY

Restoration, strengthening and rehabilitation of buildings becomes one of the more interesting aspects of the use of composites. Construction industry has not yet accepted the wide structural use of these new materials because it does not know the advantages of composites in comparison with traditional materials, such as concrete or steel. Engineers involved in design and construction are conservative and resist to changes. They require codes and specifications, what makes that an entity should lead the use of the new material or technology. At present, the experience needed to prepare those codes does not exist. Experimental tests and successful cases are necessary for the acceptance of these materials in construction.

A project is presented, with the aim to provide the experimental basis, needed to update design codes and standards, and the technology for the use of these new composites in building and civil structures strengthening, taking actual pathology, quality and durability into account, as well as urban aesthetics. Research specialists in composites, structural analysis and testing, and in structural pathology, as well as composites and adhesives manufacturers and users, designers and final users will co-work in this project. This will allow that all relevant aspects of the problem be considered.

INTRODUCCIÓN

Los nuevos materiales compuestos empleados en la construcción, formados por fibras de carbono, aramida,

INTRODUCTION

The new composite materials used in construction are composed of carbon, aramid or glass fibres and an

vidrio, etc., embebidas en una matriz orgánica se caracterizan por su ligereza (del orden de $1,6 \text{ g/cm}^3$) lo cual aporta ventajas tanto desde el punto de vista de economía y facilidad en el transporte de la pieza hasta la obra, como desde el de economía y facilidad en el montaje y puesta en obra, sin olvidar la reducción de cargas muertas cuando estos materiales se utilizan de modo integral o masivo. Por otra parte, presentan un buen comportamiento ante la corrosión y el ataque de agentes ambientales, lo cual supone una ventaja en aplicaciones costeras, marinas y, en general, en todos aquellos ambientes que sean agresivos, siendo el mantenimiento prácticamente nulo. Otra de sus peculiaridades es la de poseer buenas características mecánicas y, en particular, elevada resistencia mecánica tanto a tracción, como a compresión, flexión, cortadura y resistencia al impacto, lo cual permite su utilización en la estructura resistente. Canadá, Japón y USA son los países en los que más se ha avanzado en este campo. En Europa, Suiza, Alemania, Italia han hecho numerosas realizaciones de refuerzo de estructuras, principalmente puentes y edificios históricos. Existen varias formas de aplicación de los nuevos materiales compuestos en la restauración de estructuras:

a) Sustitución del armado corroído y el hormigón que le rodea. Las reparaciones consisten en sustituir las armaduras corroídas y el hormigón que las rodea por una nueva capa de hormigón a la que se une una lámina de materiales compuestos de matriz termoestable.

b) Utilización de láminas de poliéster reforzado con fibra de vidrio/poliéster o de epoxi reforzada con fibras de carbono. Estas últimas, más rígidas y resistentes que las de fibra de vidrio, tienen un espesor de $0,3 \text{ mm}$ y aunque son más caras que el acero, son más manejables, por lo que el coste de su puesta en obra es menor.

c) Colocación de perfiles de fibra de vidrio. Los perfiles pultrusionados están especialmente indicados para restauración, ya que al estar todas las fibras en la dirección del perfil, la resistencia y rigidez son muy elevadas.

Para despertar el mayor interés posible, está previsto aplicar estos materiales en un caso real de relevancia. Se trata del mercado municipal de Algeciras que es una de las construcciones más importantes de Eduardo Torroja, mundialmente conocida, que está siendo considerada para su declaración como monumento histórico-artístico, y que ha sido objeto de una reciente Investigación con la finalidad de conocer el estado actual de la estructura y determinar las posibles causas que han originado el deterioro de la misma.

organic matrix. One of their main characteristics is their lightness (about 1.6 g/cm^3), which is very advantageous from some points of view: economy and easiness of transportation and mounting and load reduction. Also, they present an outstanding behaviour against corrosion and chemical attacks. Another main characteristic is their mechanical properties. Canada, Japan and USA are the most advanced countries in the world in the use of these technologies in construction. In Europe, Switzerland, Germany and Italy are very active on reinforcing bridges and historical buildings. There exists several ways of application of this new generation of materials in restoration:

a) Substitution of corroded steel bars and surrounding concrete. The restoration consists of substituting the corroded steel bars and the concrete by a new concrete mass reinforced by a thermoset composite laminate.

b) Implementation of E-glass/polyester and carbon/epoxy composite laminates. Carbon fibre laminate composites are stiffer and stronger than E-glass, and so the final thickness is lower though the cost is much higher.

c) Placing of pultruded E-glass/polyester profiles. Fibres are unidirectional, and thus, stiffness and strength are very high.

It is planned to apply these materials to a relevant application in order to get to know their advantages and structural characteristics. The application chosen is the "mercado municipal de Algeciras", one of the most important buildings designed by Eduardo Torroja, which is being considered for declaration as artistic-historical monument and it has been object of a recent research with the aim of knowing the current state of the structure and possible causes of its deterioration.

PROYECTO EN CURSO

La CICYT ha aprobado la financiación del proyecto MAT 96/1218, titulado "MATERIALES COMPUESTOS PARA SU USO EN REFUERZO O REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS DE EDIFICIOS Y DE OBRA CIVIL", que se está desarrollando coordinadamente en el Instituto Eduardo Torroja-CSIC y en la ETSI Industriales de Zaragoza, entre 1997 y 1999, bajo la dirección de los autores. El objetivo general del proyecto es la adquisición de los conocimientos teóricos y experimentales que permitirán, en el próximo futuro, la redacción de normas de proyecto y de la tecnología del uso de los nuevos materiales compuestos contemplada en el proyecto en la reparación y refuerzo de estructuras. Los objetivos parciales son:

- Analizar experimentalmente las propiedades mecánicas y su evolución con el tiempo y en distintas condiciones ambientales, de distintos materiales compuestos existentes y de nuevo diseño para su utilización en el refuerzo o reparación de estructuras.
- Estudiar las técnicas de aplicación de refuerzos de acuerdo con la patología, el tipo de elemento estructural o de estructura, su forma de colaborar con la estructura existente, y mecanismos de fallo.
- Estudiar la aplicabilidad de las técnicas de pretensado a barras y cables de materiales compuestos o proponer la adaptación de las mismas.
- Analizar experimentalmente el uso de los adhesivos estructurales, determinando los parámetros más adecuados para su uso en función de las sollicitaciones actuantes.
- Proponer modelos de reglas de buena práctica en la elección y en la correcta aplicación de los materiales de refuerzo y de los adhesivos estudiados en el proyecto.
- Proponer modelos de cálculo de estructuras que incluyan la colaboración entre ambos materiales, y validarlos experimentalmente.
- Se pretende realizar una demostración a escala real. Para ello, se ha elegido el mercado municipal de Algeciras. En consecuencia, en los objetivos anteriores se prestará especial atención a los materiales y técnicas de reparación que se prevé usar en el demostrador.

Los resultados del proyecto permitirán mejorar el conocimiento de las características de estos materiales y proponer formulaciones más adecuadas a los requerimientos propios de la construcción, de los adhesivos apropiados, de los mecanismos de

ONGOING PROJECT

The CICYT (Inter-Departmental Commission for Science and Technology, Spanish Government) has approved the project reference MAT 96/1218, entitled STRENGTHENING OF STRUCTURES USING ADVANCED COMPOSITES (1997-1999), which is being developed by Instituto Eduardo Torroja-CSIC (Madrid) and the Department of Mechanical Engineering of University of Zaragoza. The aim of this project is to acquire both theoretical and experimental know-how to edit, in the future, rules and regulations for the use of the composite materials in the building industry. The technical objectives are the following:

- Analyse the mechanical properties from the experimental point of view and their evolution in different environment conditions. Both available composite materials and new typologies will be analysed, taking account their use in reinforcement and restoration.*
- Study the application technologies of reinforcements taking account the pathology, type of structural element, its way of reinforcing and failure mechanism.*
- Study the applicability of pre-stress techniques to composite bars and cables or propose their adaptation.*
- Analyse experimentally the use of structural adhesives, determining the more appropriate parameters for analysing their utilisation in function of sollicitations.*
- Propose rules for the election and correct application of reinforcing materials and adhesives.*
- Propose mathematical models which include interaction between the two material systems and to validate them experimentally.*
- Building a 1/1 scale demonstrator. The local market in Algeciras has been chosen, since it is a star construction by Eduardo Torroja. Thus, special attention will be paid to materials and restoration techniques planned for this application.*

The results of this project will let us improve the knowledge we have about the characteristics of this new generation of materials and propose formulations more appropriate to the own requirements of these materials, adhesives, the load transfer mechanisms and their

transferencia de cargas de los elementos estructurales antiguos a los nuevos, su evolución con el tiempo y las condiciones ambientales, poner a punto normas para proyectar y la tecnología para aplicar el refuerzo, durabilidad, implicaciones económicas y de puesta en obra. Con ello se espera abrir la Industria de la Construcción a los materiales compuestos de uso estructural ya utilizados en otras industrias (aeronáutica, naval, automovilística, ferroviaria, etc.), estimulando el desarrollo innovador e industrializando las tecnologías de refuerzo, mejorando su fiabilidad y durabilidad, y abaratando sus costes totales.

evolution with time and environment conditions. Also, they will let us to set up rules for design, durability, economical studies and implantation. The aim of this project is to promote the use of these materials in the Building Industry, as they have been used in other industries like aeronautics, marine, automotive, railways,...) stimulating the innovative development and industrialising the reinforcement technologies, improving their reliability and durability and reducing their cost.

* * *

publicación del IETCC/CSIC



**ALOJAMIENTO Y TECNOLOGIA:
¿INDUSTRIALIZACION ABIERTA?**

Julián Salas Serrano

**ALOJAMIENTO Y TECNOLOGIA:
¿INDUSTRIALIZACION ABIERTA?**

JULIAN SALAS, ING. IND. (I.E.T.c.c.)

Un volumen de 160 páginas, 109 figuras y 16 tablas. Tamaño 240 x 168 mm. Encuadernado en rústica. Precios: España, 1.200 ptas; extranjero, 17 \$ USA.

SUMARIO:

Prólogo Prof. G. Ciribini.

Introducción

Capítulo 1. — La industrialización en las proclamas y manifiestos de arquitectura.

Capítulo 2. — ¿Réquiem por la construcción industrializada?

Capítulo 3. — Algunos conceptos básicos.

Capítulo 4. — ¿Proyecto tradicional, construcción industrializada?

Capítulo 5. — Componentes.

Capítulo 6. — La coordinación dimensional hoy.

Capítulo 7. — Flexibilidad, intercambiabilidad y catálogos.

Capítulo 8. — Industrialización, normativa y calidad.

Capítulo 9. — Reflexiones finales.

**publicación del
INSTITUTO EDUARDO TORROJA**